



RESENSI OPERATIONS RESEARCH STRATEGI EFISIENSI BERMULA DARI PERANG

Nur Aini Masruroh

Jurusan Teknik Mesin dan Industri

Judul : Introduction to Operations Research
Penulis : Frederick S. Hillier dan Gerald J. Lieberman
Penerbit : McGraw-Hill New York
Edisi : 7
Tahun : 2001
Tebal : 1214 halaman

Ketika pertama kali mendengar kata *operations research* banyak yang tidak menyangka bahwa bidang ilmu ini banyak berkaitan dengan teknik matematika yang seringkali merupakan tingkat lanjut. *Operations Research* (sering juga disebut *management science* atau *analytics*) merupakan salah satu bidang ilmu yang berkaitan dengan aplikasi metode-metode analitis lanjut yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas pengambilan keputusan. Tujuan dari *operations research* adalah mencapai solusi optimal atau *near-optimal* untuk permasalahan yang kompleks. Cakupan teknik dan metode pengambilan keputusan yang digunakan dalam *operations research* sangat luas, seperti simulasi, optimasi matematika, teori antrian, *Markov Decision Process*, data analysis, statistika, *neural network*, *expert system*, *game theory*, dan *decision analysis*. Semua metode ini menggunakan model matematika untuk mendeskripsikan sistem yang akan diselesaikan.

Berawal dari Kebutuhan Perang

Penggunaan nama *operations research* ini memang tidak dapat lepas dari sejarah awal

perkembangan ilmu ini. Berawal dari zaman perang dunia kedua, ketika pemerintahan Inggris dan Amerika menghadapi permasalahan terbatasnya ketersediaan logistik perang yang harus dialokasikan ke beberapa operasi militer dan aktivitas lain yang mendukung operasi militer ini sehingga memerlukan sebuah strategi distribusi logistik yang efektif dan efisien. Guna merumuskan strategi ini, maka dibentuklah tim yang terdiri dari sejumlah ilmuwan untuk mengaplikasikan pendekatan ilmiah untuk memecahkan permasalahan ini. Tim ini diberi tugas untuk melakukan *research on (military) operations*. Tim ilmuwan inilah yang selanjutnya dikenal sebagai tim *operations research* (OR) yang pertama kali. Salah satu hasil dari tim ini adalah hasil risetnya tentang strategi pengaturan operasi kapal selam yang menghasilkan kemenangan dalam perang di Atlantik utara. Demikian juga riset mereka tentang pengembangan metode yang efektif untuk penggunaan peralatan-peralatan baru untuk radar mereka telah membuahkan kemenangan dalam peristiwa *Air Battle of Britain*. Dan masih banyak lagi kontribusi

signifikan yang diberikan tim OR ini dalam perang dunia II.

Setelah Perang Dunia II usai, industri, organisasi, maupun pemerintahan mulai tumbuh dan berkembang. Persaingan antar industri mulai terlihat. Hal ini menyebabkan peningkatan kompleksitas permasalahan yang dihadapi oleh industri. Pada dasarnya permasalahan yang dihadapi ini dapat dianalogikan dengan permasalahan yang dihadapi pada masa Perang Dunia II, yaitu berkaitan dengan menentukan strategi terbaik untuk mencapai tujuan dengan mempertimbangkan keterbatasan sumber daya yang ada. Ketika melihat permasalahan ini, beberapa orang yang terlibat dalam tim OR pada saat Perang Dunia II mulai menyarankan penggunaan metode OR untuk mengatasi permasalahan ini. Pada awal tahun 1950-an, konsep-konsep dalam OR mulai diaplikasikan ke dalam bisnis, industri, organisasi sosial, maupun pemerintahan. Mulai saat inilah selanjutnya ilmu OR berkembang pesat, terlebih ketika diiringi dengan perkembangan teknologi komputer yang memungkinkan penyelesaian dengan metode OR ini menjadi semakin cepat. Hingga saat ini, telah banyak perangkat lunak tentang metode-metode OR sehingga mempermudah penggunaannya.

Teknik-Teknik dalam OR

Disajikan dengan bahasa yang mudah dipahami, buku ini memberikan dasar-dasar *operations research* mulai dari sejarah perkembangan OR, kisah sukses perusahaan atau organisasi kelas dunia yang telah menggunakan OR untuk menyelenggarakan bisnis mereka, serta teknik-teknik dasar yang digunakan dalam OR. Pokok bahasan dalam buku ini disajikan secara terstruktur dan di setiap bahasan dilengkapi dengan teori dan contoh aplikasi yang memudahkan pembaca untuk memahami pokok bahasan yang disampaikan. Salah satu hal terpenting dari buku ini adalah disajikannya algoritma-algoritma yang banyak digunakan dalam

OR untuk menyelesaikan problem-problem dengan karakteristik tertentu.

Bagian awal buku ini meninjau ulang proses pengembangan model matematika untuk mendeskripsikan permasalahan yang dihadapi. Dimulai dengan mendefinisikan permasalahan yang ingin diselesaikan dan menentukan tujuan (*objectives*) yang akan dicapai, dilanjutkan dengan menentukan teknik pengumpulan data yang tepat, hingga bagaimana memformulasikan model matematika dengan tepat untuk analisis selanjutnya. Penjelasan yang diberikan semakin lengkap dengan contoh kasus nyata yang pernah diselesaikan, misalnya kasus yang dihadapi oleh Monsanto Corp, sebuah industri kimia yang dalam kasus ini akan meminimumkan biaya produksi dengan menentukan reaktor mana yang akan digunakan beserta *setting* reaktor yang tepat untuk memproduksi sejumlah produk tertentu.

Pokok bahasan selanjutnya yang dibahas dalam buku ini lebih kepada teknik-teknik yang digunakan dalam OR. Berikut penjelasan singkat beberapa teknik OR yang sering digunakan.

Pemrograman Linear (*Linear Programming*)

Linear Programming (LP) sering disebut sebagai *the most important scientific advances* pada pertengahan abad ke-20. Hal ini tidak mengherankan mengingat perannya yang sangat besar pada sekitar tahun 1950-an. Saat ini LP merupakan *tool* standar yang banyak digunakan dan telah terbukti sukses menghasikan penghematan sampai jutaan dollar bagi banyak organisasi di dunia, tidak hanya bidang industri saja, tetapi banyak organisasi atau bidang usaha lain seperti rumah sakit, pertanian, transportasi, pertahanan dan keamanan, perbankan, maupun layanan pemerintah yang telah merasakan manfaatnya.

Sesuai namanya, suatu permasalahan dapat dimodelkan dengan LP jika seluruh fungsi, baik fungsi tujuannya mau-

pun batasannya dapat dimodelkan dengan menggunakan persamaan (atau pertidaksamaan) linier. Mayoritas LP ini digunakan untuk menentukan keputusan terbaik (optimal) dengan mempertimbangkan keterbatasan sumber daya yang tersedia. Salah satu kisah sukses aplikasi LP adalah keberhasilan yang dicapai oleh New Haven Health Department yang berhasil mengurangi penyebaran HIV/AIDS sebesar 33% melalui program *needle exchange* yaitu dengan mengembangkan sistem *syringe tracking and testing* dan selanjutnya data yang didapatkan akan digunakan untuk mengembangkan model matematika untuk memodelkan transmisi HIV.

Model transportasi dan Penugasan

Model transportasi sebenarnya merupakan permasalahan LP yang dikhususnya untuk menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan bagaimana memindahkan barang dari suatu daerah asal ke tempat tujuan untuk meminimumkan total biaya dengan mempertimbangkan kapasitas pasokan dan permintaan. Sedangkan masalah penugasan (*assignment problem*) pada dasarnya berkaitan dengan bagaimana menugaskan orang untuk suatu pekerjaan (*assigning people to tasks*) dengan tepat. Sebenarnya kedua permasalahan ini dapat dimodelkan dengan menggunakan LP, tetapi jumlah variabel yang diperlukan sangat banyak sehingga penyelesaiannya menjadi lama. Model transportasi dan penugasan ini memberikan algoritma yang lebih sederhana (*streamlined algorithms*) sehingga memungkinkan untuk mempersingkat proses perhitungan. Pada perkembangannya, model penugasan banyak digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan penjadwalan, seperti penjadwalan kelas, ruang operasi, ataupun penugasan staf.

Analisis Jaringan (Network Analysis)

Salah satu bidang OR yang berkembang pesat adalah *network optimization model*. Banyak bidang yang dalam penyele-

saiannya menggunakan jaringan untuk menggambarkan model konseptual maupun membuat visualisasinya menjadi lebih menarik. Bidang-bidang yang menggunakan model jaringan antara lain produksi, distribusi, perencanaan proyek, penentuan lokasi, *resource management*, perencanaan finansial, dan masih banyak lagi. Pada dasarnya *network optimization* dapat dimodelkan dengan menggunakan LP. Salah satu contoh permasalahan yang diselesaikan dengan analisis jaringan adalah *project planning and control*. Hal ini akan ditentukan waktu minimum untuk menyelesaikan sebuah proyek yang terdiri dari serangkaian aktivitas yang harus dilaksanakan. Ada dua metode yang dibahas dalam buku ini untuk menyelesaikan permasalahan ini, yaitu metode jalur kritis (*critical path method*) dan PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) yang sudah mempertimbangkan ketidakpastian durasi setiap aktivitas.

Game Theory

Kehidupan seringkali diwarnai dengan konflik dan persaingan. Persaingan bisnis, perang militer, berbagai macam perlombaan, perang iklan, dan masih banyak lagi. Perbedaan karakter dari setiap persaingan itu terkait strategi yang digunakan oleh setiap pemain untuk mencapai tujuannya. *Game theory* adalah teori matematika yang secara formal menjelaskan karakteristik-karakteristik umum dari kondisi persaingan antar pemain dengan menggunakan formula matematika. Teori ini menekankan pada pengambilan keputusan terbaik yang harus diambil oleh para pemain. Riset di bidang *game theory* sendiri masih terus berkembang, namun buku ini hanya membahas kasus yang sangat sederhana yang dapat dijadikan sebagai dasar pemahaman tentang *game theory* yaitu kasus *two-person zero-sum game* yang menggambarkan persaingan antara dua pemain, dengan pemain yang menang akan mendapatkan hadiah dan pemain yang kalah akan mendapatkan penalti.

Asumsi yang digunakan dalam kasus *two-person zero-sum game*, jumlah hadiah yang diterima pemenang sama dengan jumlah penalti yang harus ditanggung oleh pemain yang kalah. Beberapa aplikasi *game theory* antara lain menentukan strategi iklan terbaik, menentukan harga produk optimum untuk persaingan *oligopoli*, strategi lelang, dan strategi vaksinasi (sering disebut sebagai *vaccination game*). *Vaccination game* secara singkat dapat dijelaskan sebagai berikut. Tidak ada seorangpun yang dapat memprediksi dengan sangat akurat apakah dia akan terjangkit suatu penyakit atau tidak. Hal inilah yang seringkali menyebabkan orang enggan melakukan vaksinasi terutama untuk vaksinasi dengan biaya tinggi, baik dalam arti mahal ataupun *social cost* yang ditimbulkan tinggi, seperti vaksin MMR. Kondisi seperti ini dapat dimodelkan dengan menggunakan *vaccination game* untuk menentukan siapa dan berapa banyak yang harus diberi vaksin dan selanjutnya dapat dikembangkan strategi bagaimana mempengaruhi masyarakat untuk bersedia diberi vaksin sehingga keseluruhan kesehatan masyarakat meningkat.

Teori Antrian (*Queuing Theory*)

Mungkin dapat dikatakan salah satu kontribusi signifikan OR untuk bidang non-manufaktur adalah penerapan dari teori antrian ini. Dalam teori antrian, sistem antrian diformulasikan dengan menggunakan model matematika untuk mengevaluasi beberapa parameter antrian seperti panjang antrian dan perkiraan lama waktu tunggu dengan mempertimbangkan tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan *server*. Beberapa contoh aplikasi teori antrian antara lain adalah menentukan desain jumlah *teller* yang paling optimal sebuah bank, jumlah kasir yang harus dibuka pada sebuah supermarket, ukuran ruang tunggu bandara yang optimal, mendesain *appointment scheduling* untuk klinik praktek dokter supaya waktu tunggu pasien minimal namun tanpa mengakibatkan

idle dari dokter, bahkan penjadwalan *take-off* dan *landing* pesawat untuk meminimumkan biaya. United Airlines merupakan salah satu contoh perusahaan yang berhasil melakukan penghematan sampai 6 juta US Dollar pada tahun 1986 dengan melakukan pengaturan *shift* untuk karyawan di kantor reservasi dan di bandara dengan mempertimbangkan jumlah pengunjung bandara.

Teori Persediaan (*Inventory Theory*)

Menyimpan barang untuk digunakan di masa yang akan datang merupakan hal yang wajar dan sering dilakukan oleh para pelaku bisnis. Menyimpan barang mempunyai beberapa tujuan antara lain untuk mengatasi fluktuasi permintaan, mendapatkan harga beli yang lebih murah, menjaga kestabilan laju produksi, dan sebagainya. Permasalahan yang sering muncul antara lain adalah menentukan kebijakan sistem persediaan seperti kapan seharusnya melakukan pemesanan/pembelian dan berapa jumlah yang sebaiknya dibeli. Banyak perusahaan/instansi yang berhasil melakukan penghematan dengan menerapkan kebijakan persediaan yang tepat. Teori persediaan ini dibahas dengan cukup detail formulasi matematika yang mendeskripsikan sistem persediaan untuk selanjutnya diturunkan untuk mendapatkan kebijakan persediaan yang optimal. Pada tahun 1990, IBM berhasil melakukan penghematan sebesar 20 juta US Dollar dan senilai 250 juta US dollar penghematan persediaan di gudang melalui pengembangan sistem integrasi jaringan persediaan suku cadangnya.

Peramalan (*Forecasting*)

Peramalan merupakan *tool* dasar dalam *managerial decision making*. Ketepatan peramalan sangat berperan penting dalam mendukung kesuksesan beberapa kegiatan seperti dalam hal menentukan kebijakan sistem persediaan, pemasaran, perencanaan keuangan, maupun perencanaan produksi. Peramalan dapat dilakukan dengan meng-

gunakan teknik kualitatif maupun kuantitatif. Peramalan kualitatif biasanya merupakan hasil olahan opini dari beberapa ahli (*expert judgment*). Metode ini sering disebut sebagai *judgmental techniques*. Salah satu peramalan kuantitatif yang banyak digunakan adalah peramalan deret waktu (*time series forecasting*). Metode peramalan ini merepresentasikan perubahan data setiap periodenya. *Time series forecasting* menggunakan data historis yang diolah untuk memprediksikan kondisi pada waktu yang akan datang. Metode ini banyak digunakan untuk meramalkan permintaan suatu produk atau barang, merencanakan kapasitas, memprediksikan pertumbuhan ekonomi, kebutuhan lapangan kerja, nilai saham, melihat potensi keberhasilan peluncuran suatu produk baru, dan sebagainya.

Analisis Keputusan (*Decision Analysis*)

Salah satu kesulitan yang dihadapi dalam proses pengambilan keputusan adalah adanya ketidakpastian. Analisis keputusan memberikan pengetahuan untuk menyusun *framework* dan metode untuk mengambil keputusan secara rasional dengan mempertimbangkan ketidakpastian. Analisis keputusan menggunakan pendekatan normatif dengan mempertimbangkan pendekatan deskriptif. Pendekatan normatif sangat tepat digunakan untuk menyelesaikan masalah yang kompleks untuk menjamin keputusan yang diambil tetap rasional. Sedangkan pendekatan deskriptif digunakan untuk memasukkan faktor *personal behavior* atau *personal risk* ke dalam proses pengambilan keputusan. Salah satu metode yang sering digunakan dalam analisis keputusan adalah *decision tree*.

Simulasi

Buku ini ditutup dengan salah satu teknik utama dalam OR yaitu simulasi. Simulasi

menempati peringkat yang sangat tinggi di antara teknik-teknik di bidang OR lain dan mengalami pertumbuhan yang sangat pesat karena fleksibilitas dan kekuatannya. Simulasi banyak digunakan untuk menganalisis sistem yang bersifat stokastik yang beroperasi secara terus menerus. Bab ini diawali dengan penjelasan mengenai pentingnya simulasi untuk menyelesaikan permasalahan yang kompleks, dilanjutkan dengan pembahasan dua *tools* penting dalam simulasi yaitu pembangkitan bilangan random dan pembangkitan bilangan random dari fungsi distribusi yang diketahui, dan diakhiri dengan beberapa teknik untuk meningkatkan ketepatan dari simulasi. Selain itu, diberikan juga beberapa contoh aplikasi simulasi untuk berbagai bidang mulai dari analisis antrian, optimasi persediaan, memperkirakan waktu penyelesaian proyek, desain dan operasi pabrik dan sistem distribusi, analisis finansial, beberapa aplikasi di bidang kesehatan, dan industri jasa lainnya.

Selain teknik-teknik OR yang telah dijelaskan, masih ada beberapa teknik yang dibahas di buku ini yaitu pemrograman dinamis (*dynamic programming*), pemrograman integer (*integer programming*), pemrograman *non-linear*, rantai Markov (*Markov Chain*), dan *Markov decision Process*.

SIMPULAN

Buku ini sangat penting untuk dibaca terutama bagi mereka yang tertarik mengetahui teknik-teknik untuk meningkatkan efisiensi sistem. Buku ini memberikan teknik-teknik dasar yang banyak digunakan dalam OR dan disajikan dengan gaya bahasa yang mudah dipahami dan banyak pula diberikan contoh soal dan soal latihan di setiap akhir bab. Kelebihan lain dari buku ini adalah disajikannya banyak kasus nyata yang telah terbukti sukses mengaplikasikan teknik-teknik OR ini.